Iranian Journal of Field Crops Research
Homepage: https://jcesc.um.ac.ir

Research Article
Vol. 22, No. 4, Winter 2025, p. 457-474

Evaluation of the Effect of Irrigation Method and Time of Trifluralin Herbicide Application on Weed Population, Yield Component and Yield of Cumin (*Cuminum cyminum* L.)

R. Moradi[1,2*], H. Hammami[3,4], N. Pourghasemian[1]

1- Associate Professor, Department of Plant Productions, Agricultural Faculty of Bardsir, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran
2- Associate Professor, Department of Plant Production, Faculty of Agriculture, University of Torbat Heydarieh, Torbat Heydarieh, Iran
3- Associate Professor, Department of Plant Production and Genetics Engineering, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Birjand, Iran
4- Member of the Plant and Environmental Stresses Research Group, University of Birjand, Birjand, Iran
(*- Corresponding Author Email: r.moradi@torbath.ac.ir)

Received: 07 April 2024 Revised: 23 April 2024 Accepted: 29 April 2024 Available Online: 01 June 2024	**How to cite this article:** Moradi, R., Hammami, H., & Pourghasemian, N. (2025). Evaluation of the Effect of Irrigation Method and Time of Trifluralin Herbicide Application on Weed Population, Yield Component and Yield of Cumin (*Cuminum cyminum* L.). *Iranian Journal of Field Crops Research*, *22*(4), 457-474. (in Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/jcesc.2024.87520.1318

Introduction

Weeds are the main factor limiting cumin production. Hand weeding is used as the most important and common method of weed management in cumin fields, which, in addition to spending a lot of time, takes a large part of the production cost. Cumin is weak in competition with weeds because it has a low and weak initial growth and establishment speed, and its biomass and height of its aerial organs are low, in addition, its root expansion is not very notable. The amount of weed damage in cumin cultivation is reported from 40 to 90 percentage depends on the type of weed species and density, the length of the competition period, cultivation conditions, control time and management of nutrients and in different conditions. Trifluralin (Treflan) is used by some farmers at planting time of cumin as a foliar spray in the soil or with irrigation water. Interviews conducted with farmers confirm that the use of this herbicide at the time of planting cumin affects the seeds of the plant to some extent and reduces the germination percentage of this plant, although some farmers also believe that there is no side effect in this case. Another challenge to successful cumin production, particularly in rainy years, is plant diseases. Wilt, leaf burn, and surface powdery mildew, caused by *Fusarium oxysporum*, *Alternaria burnsii*, and *Erysiphe polygoni*, respectively, are among the most significant diseases affecting cumin worldwide. Therefore, this study was carried out with the following objectives:

1) Investigating the effect of trifluralin herbicide abuse at different intervals until planting, on the percentage of cumin seedling emergence.
2) The effect of using trifluralin herbicide at different intervals until planting, on the population and growth of weeds.
3) The effect of irrigation method on cumin yield
4) Investigating the effect of irrigation method on the percentage and yield of cumin essential oil
5) The effect of irrigation method on the contamination of cumin plants with Fusarium fungus

https://doi.org/10.22067/jcesc.2024.87520.1318

6) Studying the water use efficiency in different irrigation and weed management methods

Materials and Methods

Therefore, in order to evaluate the effect of the weed management method and the type of irrigation on the control of weeds, an experiment was conducted as split-plot based on a randomized complete block design with 3 replications in the research farm of the Agricultural Faculty of Bardsir, Shahid Bahonar University of Kerman in 2022-2023. The experimental treatments include the type of irrigation in two levels (flooded and sprinkler) and weed management in seven levels (hand weeding, time of planting the cumin seeds after 3, 7, 14 and 21 days trifluralin herbicide application and no weed control).

Results and Discussion

The type of irrigation showed a significant effect on weeds density and dry weight, the percentage of plant wilt, the number of umbrellas per plant, biological yield, seed yield, essential oil percentage, essential oil yield and water use efficiency at the level of 1% and the harvest index at the level of 5%. The method of weed management showed a significant effect on the density and dry weight of weeds, the number of emerged plants, plant height, the number of umbrellas per plant, biological yield, seed yield, essential oil yield and water use efficiency at the level of 1% and harvest index at the level 5%. The interaction effect of irrigation and weed management methods showed a significant effect on the density and dry weight of weeds, the of essential oil percentage and yield at the level of 1%, and the biological yield and yield of seeds at the level of 5%. The results of this experiment showed that sprinkler irrigation had better conditions in terms of weed and disease control as well as seed and essential oil yields compared to flood irrigation. Among the herbicide treatments, the application of trifluralin 3 days before planting had better weed control results. By increasing the distance of cumin planting from the time of herbicide application, despite the increase in weed dry weight and density, cumin seed yield improved. In both irrigation methods, treatments of hand weeding and cumin planting after 21 days of herbicide application had the highest yield of seed and essential oil.

Conclusion

In general, cumin planting 21 days after trifluralin application and using sprinkler irrigation were able to reduce the weed density and biomass to an acceptable level and on the other hand, they produced a good seed and essential oil yield which is recommended.

Keywords: Essential oil, Sprinkler irrigation, Trifluralin, Water Use Efficiency

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
Homepage: https://jcesc.um.ac.ir

مقاله پژوهشی
جلد ۲۲، شماره ٤، زمستان ۱٤۰۳، ص ٤٧٤-٤٥٧

ارزیابی اثر روش آبیاری و زمان مصرف علف‌کش تریفلورالین بر جمعیت علف‌های هرز، اجزای عملکرد و عملکرد زیره سبز (*Cuminum cyminum* L.)

روح اله مرادی[۱،۲*]، حسین حمامی[۳،۴]، نسیبه پورقاسمیان[۱]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۱/۱۹
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۲/۱۰

چکیده

علف‌های هرز به‌عنوان یکی از عوامل اصلی محدودکننده تولید زیره سبز شناخته شده‌اند. بنابراین، به‌منظور ارزیابی اثر روش مدیریت علف‌های هرز و نوع آبیاری بر کنترل علف‌های هرز زیره سبز آزمایشی به‌صورت کرت خردشده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۰ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی بردسیر، دانشگاه شهید باهنر کرمان انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل نوع آبیاری در دو سطح (غرقاب و بارانی) و مدیریت علف‌های هرز در هفت سطح (وجین دستی علف‌های هرز، زمان مصرف علف‌کش تریفلورالین در شش سطح شامل عدم مصرف، مصرف در ۳، ۷، ۱۴ و ۲۱ روز قبل از کاشت زیره سبز) بودند. نوع آبیاری بر تراکم و وزن خشک علف‌های هرز، تعداد چتر در گیاه، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه، درصد اسانس، عملکرد اسانس و کارآیی مصرف آب در سطح یک درصد و شاخص برداشت در سطح پنج درصد اثر معنی‌داری نشان داد. نوع مدیریت علف‌های هرز بر تراکم و وزن خشک علف‌های هرز، تعداد بوته سبزشده، ارتفاع گیاه، تعداد چتر در گیاه، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه، عملکرد اسانس و کارآیی مصرف آب در سطح احتمال یک درصد و شاخص برداشت در سطح احتمال پنج درصد اثر معنی‌داری نشان داد. برهم‌کنش نوع آبیاری و مدیریت علف‌های هرز بر تراکم و وزن خشک علف‌های هرز، درصد اسانس و عملکرد اسانس در سطح یک درصد و عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه در سطح پنج درصد اثر معنی‌داری را نشان داد. نتایج این آزمایش نشان داد که آبیاری بارانی شرایط بهتری از نظر کنترل علف هرز و همچنین عملکرد دانه و اسانس زیره سبز نسبت به آبیاری غرقابی داشت. در بین تیمارهای علف‌کشی، کاربرد تریفلورالین سه روز قبل از کاشت نتیجه بهتری بر کنترل علف‌های هرز داشت. با افزایش فاصله کاشت زیره سبز از زمان مصرف علف‌کش، با وجود افزایش وزن خشک و تراکم علف هرز، عملکرد دانه و اسانس زیره سبز به‌ترتیب حدود ۳۵ و ۶۶ درصد بهبود یافت. در هردو شرایط آبیاری، وجین دستی علف هرز و تیمار کاشت زیره سبز پس از ۲۱ روز مصرف علف‌کش بیشترین عملکرد دانه و اسانس را دارا بودند.

واژه‌های کلیدی: اسانس، آبیاری بارانی، تریفلورالین، کارایی مصرف آب

مقدمه

آگاهی از ارزش‌های فراوان گیاهان دارویی و فرآورده‌های حاصل از آن‌ها از یک سو و اثرات منفی ناشی از مصرف داروهای شیمیایی از سوی دیگر باعث توجه روزافزون به گیاهان دارویی و افزایش سهم آن‌ها در چرخه اقتصادی صنایع بهداشتی و آرایشی در کشورهای درحال توسعه و همچنین توسعه‌یافته شده است (Moradi *et al.*, 2009). با توجه به شرایط متنوع آب و هوایی و اکولوژیکی، ایران به‌عنوان یکی از بزرگ‌ترین مخازن گیاهان دارویی دنیا شناخته شده است (Omidbeygi, Sadeghi, & Ramezanim, 2001).

زیره سبز (*Cuminum cyminum* L.) به‌عنوان یکی از مهم‌ترین گیاهان دارویی و صادراتی ایران با سطح زیر کشت نسبتاً زیاد شناخته شده است. سطح زیر کشت این گیاه در ایران حدود ۲۵ هزار هکتار بوده که با میانگین عملکرد حدود ۶۵۰ کیلوگرم در هکتار عمدتاً در

۱- دانشیار، گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی بردسیر، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران
۲- دانشیار، گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربت حیدریه، تربت حیدریه، ایران
۳- دانشیار گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران
۴- عضو گروه پژوهشی گیاه و تنش‌های محیطی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: r.moradi@torbath.ac.ir)
https://doi.org/10.22067/jcesc.2024.87520.1318

استان‌های خراسان، یزد، سمنان، اصفهان و کرمان کشت شده و سال به سال سطح زیر کشت آن افزوده می‌شود (FAO, 2024). دانه‌های زیره سبز حاوی مقادیر بالایی کاروتن، آهن و ترکیبات ثانوی مهم و دارویی است که در طب سنتی و نوین به‌عنوان آنتی‌اکسیدان و ضدنفخ مورد استفاده قرار می‌گیرد و در درمان اسهال، سوء هاضمه، سردرد، سرماخوردگی، تب، زخم دهان و گلو مؤثر است (Nakhrizi Moghaddam, 2009). زیره سبز نه تنها در ارزآوری برای اقتصاد کشور دارای اهمیت می‌باشد، بلکه از جهت اشتغال‌زایی نیز ارزش قابل‌توجهی دارد. ویژگی‌هایی از قبیل فصل رشد کوتاه، نیاز آبی کم، عدم تداخل فصل رشد آن با سایر محصولات کشاورزی، توجیه اقتصادی بالا نسبت به محصولات زراعی دیگر و صادراتی بودن آن باعث شده این گیاه جایگاه ویژه‌ای در الگوی کشت مناطق خشک و نیمه‌خشک داشته باشد (Haji Rezaei *et al.*, 2021).

امروزه، علف‌های هرز و بیماری‌های گیاهی از عوامل اصلی محدودکننده تولید زیره سبز شناخته شده است (Kafi, 2006). وجین دستی به‌عنوان مهم‌ترین و رایج‌ترین روش مدیریت علف‌های هرز در مزارع زیره سبز مورد استفاده قرار می‌گیرد که علاوه‌بر صرف زمان زیاد، بخش زیادی از هزینه تولید را به خود اختصاص می‌دهد (Kafi, 2006). زیره سبز به‌دلیل ویژگی‌های رشدی‌اش، گیاهی است که دارای سرعت رشد و استقرار اولیه کند و ضعیفی بوده و از طرفی زیست‌توده و ارتفاع اندام‌های هوایی آن کم است، علاوه‌بر این، گسترش ریشه آن نیز چندان قابل‌توجه نیست. این ویژگی‌ها باعث شده است که قدرت رقابتی آن با علف‌های هرز کم باشد و به همین دلیل وجود علف‌های هرز باعث رقابت شدید بر سر منابع مختلف می‌شود (Hosseini *et al.*, 2006). کوتاه بودن دوره رشد آن، که معمولاً بین ۸۰ تا ۱۱۰ روز است نیز خود مشکلاتی از نظر رقابت با علف‌های هرز ایجاد کرده است. بدین صورت که علف‌های هرز بهاره که عمدتاً جنبه تهاجمی دارند بر عملکرد این گیاه اثرات نامطلوبی می‌گذارند. متأسفانه در رابطه با کنترل علف‌های هرز زیره سبز تحقیقات اندکی انجام شده است. به نظر می‌رسد که با توجه به خصوصیات رشد و کمی اندام‌های هوایی آن، به‌ویژه در مراحل اولیه رشد با کنترل به‌موقع علف‌های هرز نتیجه بهتری عاید خواهد شد (Dastorani *et al.*, 2018).

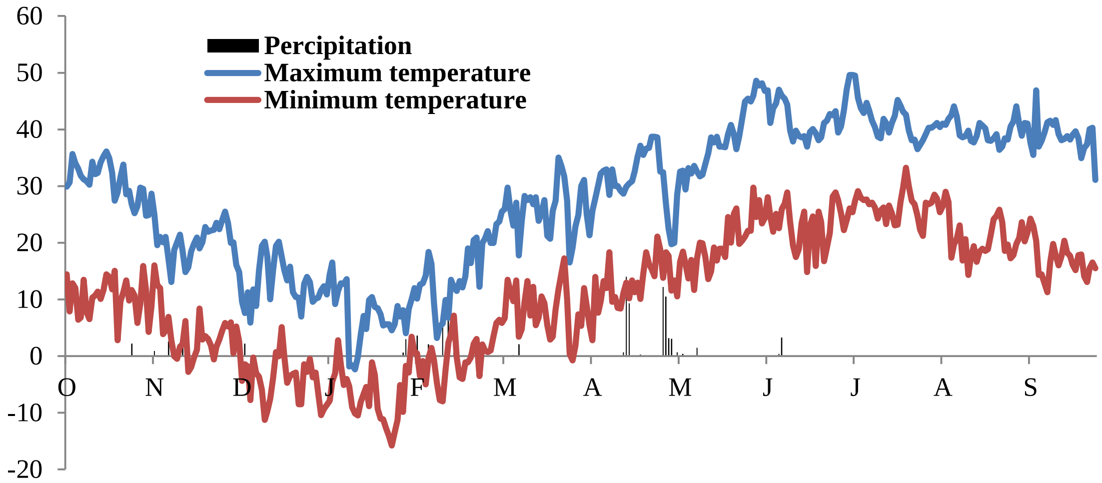
میزان خسارت علف‌های هرز به نوع گونه و تراکم علف‌های هرز، طول دوره رقابت، شرایط کشت، زمان کنترل، مدیریت عناصر غذایی (Yava & Rahama, 2003) وابسته بوده و در شرایط مختلف میزان خسارت کمی (کاهش عملکرد) از ۴۰ تا ۹۰ درصد گزارش شده است (Zimdhal, 2007; Rashed mohassel *et al.*, 2022). نتایج یک بررسی نشان داده است که جهت دستیابی به حداکثر عملکرد دانه زیره سبز، کنترل علف‌های هرز باید تا ۴۰ روز پس از سبز شدن (در مرحله شاخه‌دهی) انجام شود (Hosseini *et al.*, 2006). در حال حاضر تولیدکنندگان زیره سبز با وجین کردن مزارع اقدام به کنترل علف‌های هرز می‌کنند ولیکن این روش هزینه‌بر بوده و به بوته‌های زیره نیز خسارت فراوان می‌زند. شناسایی علف‌کش انتخابی برای مبارزه با علف‌های هرز این گیاه گام بزرگی در جهت کاهش هزینه‌های تولید آن خواهد بود. اگرچه در این زمینه بررسی‌هایی صورت گرفته ولی نتیجه قطعی حاصل نشده است. طبق نتایج محققین از جمله علف‌کش‌های قابل‌استفاده در زیره سبز می‌توان به اکسی فلورفن، پندی متالین، اکسادیارژیل و تریفلورالین اشاره کرد ولی تاکنون هیچ علف‌کش اختصاصی برای زیره سبز در کشور ثبت نشده است (Haji Rezaei *et al.*, 2021). تریفلورالین (با نام تجاری ترفلان) توسط برخی از کشاورزان در زمان کاشت زیره سبز به‌صورت محلول‌پاشی در خاک یا همراه با آب آبیاری استفاده می‌شود. گفتگوهای شفاهی با کشاورزان این موضوع را تایید می‌کند که مصرف این علف‌کش در زمان کاشت زیره سبز تا حدودی بذر گیاه را نیز تحت تأثیر قرار داده و درصد جوانه‌زنی این گیاه را کاهش می‌دهد که البته برخی از کشاورزان نیز اعتقاد دارند که هیچ اثر سویی در این مورد ندارد (Haji Rezaei *et al.*, 2021).

یکی دیگر از موانع تولید مطلوب زیره سبز، به‌ویژه در سال‌های پر باران ابتلای آن به بیماری‌های گیاهی است. بیماری‌های بوته‌میری، سوختگی برگ و سفیدک سطحی زیره سبز که به‌ترتیب عامل این سه بیماری *Fusarium oxysporum*، *Alternaria burnsii* و *Erysiphe polygoni* می‌باشند، جزء بیماری‌های مهم زیره سبز در دنیا می‌باشند (North Mofrad *et al.*, 2005; Rezvani Moghaddam *et al.*, 2014). از بین این سه بیماری، تنها دو بیماری بوته‌میری و سوختگی برگ در ایران اهمیت داشته و خسارت زیادی به این محصول وارد می‌کند (Kafi, 2006). گزارش شده است که شرایط مطلوب برای گسترش بیماری بوته‌میری زیره سبز گرما به‌همراه رطوبت مناسب می‌باشد (Mathur & Prasad, 1964). مشاهدات نشان داد که، دوره رشد زایشی زیره سبز در کشت بهاره متناسب با درجه حرارت بالاتر و رطوبت کافی بود، که خود می‌تواند از مهم‌ترین دلایل آلودگی بیشتر کشت بهاره نسبت به کشت پاییزه باشد. اوج این بیماری در مرحله گلدهی زیره سبز بوده و ازآن‌جایی‌که عوامل بیماری به‌راحتی توسط آبیاری منتقل می‌شوند، آبیاری شدت این بیماری‌ها را افزایش می‌دهد. مبارزه شیمیایی با بیماری‌های خاکزاد علاوه‌بر هزینه زیاد و کارایی کم، ممکن است سبب مقاومت قارچ‌های بیماری‌زا نیز بشود. به این دلیل، مبارزه اکولوژیک با این عوامل به‌عنوان یک راه چاره و روش جایگزین مطرح و از اهداف مهم کشاورزی پایدار می‌باشد (Wang *et al.*, 1999). لذا این مطالعه با هدف بررسی اثر روش‌های مختلف آبیاری و مصرف علف‌کش تریفلورالین در فواصل مختلف زمانی تا کاشت، بر درصد ظهور گیاهچه زیره سبز، جمعیت و رشد علف‌های هرز و درصد و کیفیت

اسانس زیره سبز اجرا شد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور ارزیابی اثر نحوهٔ مدیریت علف‌های هرز و روش آبیاری بر کنترل علف‌های هرز و خصوصیات کمی و کیفی زیره سبز آزمایشی به‌صورت کرت خردشده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار در سال زراعی ۱۴۰۰-۱۴۰۱ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی بردسیر کرمان واقع در ۵۰ کیلومتری جنوب غربی شهر کرمان با عرض جغرافیایی ۲۹ درجه و ۸۹ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۶ درجه و ۵۹ دقیقه شرقی و ارتفاع ۲۰۸۰ متری از سطح دریا انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل نوع آبیاری در دو سطح (غرقاب و بارانی) به‌عنوان عامل اصلی و مدیریت علف‌های هرز در هفت سطح (وجین دستی علف‌های هرز، زمان مصرف علف‌کش تریفلورالین در شش سطح شامل عدم مصرف، مصرف در ۳ ، ۷، ۱۴ و ۲۱ روز قبل از کاشت زیره سبز) به‌عنوان عامل فرعی بودند. قبل از اجرای آزمایش، نمونه خاک از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری زمین محل اجرای آزمایش برداشت و جهت تعیین مقدار عناصر غذایی پر مصرف و pH به آزمایشگاه منتقل شد. روند تغییرات دما و بارندگی، خصوصیات خاک مزرعه مورد آزمایش و همچنین علف‌کش تریفلورالین به‌ترتیب در شکل ۱ و جداول ۱ و ۲ نشان داده شده است.



شکل ۱- روند تغییرات دما (درجه سانتی‌گراد) و بارندگی (میلی‌متر) در سال زراعی مورد مطالعه
Figure 1- The trend of temperature (°C) and precipitation (mm) in the studied crop year

جدول ۱- خصوصیات خاک مزرعه آزمایش
Table 1- Soil characteristics of experimental field

پتاسیم قابل‌جذب Absorbable potassium (mg kg^{-1})	فسفر قابل‌جذب Absorbable phosphorus (mg kg^{-1})	نیتروژن Nitrogen (%)	ماده آلی Organic matter (%)	شاخص واکنش pH	هدایت الکتریکی EC (dS m^{-1})	جرم مخصوص ظاهری Bulk density (g.cm^{-3})	بافت خاک Soil texture	درصد اندازه ذرات Particle size percentage: شن Sand (%)	سیلت Silt (%)	رس Clay (%)
266	13.34	0.087	0.53	7.52	1.63	1.29	Clay-loam	21.1	24.5	55.4

جدول ۲- خصوصیات علف‌کش و مقدار استفاده‌شده در این آزمایش
Table 2- Herbicide characteristics and rates were used in this experiment

نام عمومی Herbicide (common name)	نحوه عمل Mode of action	فرمولاسیون Formulation	شرکت و کشور تولیدکننده Company and country	مقدار توصیه‌شده The recommended dose
تریفلورالین Trifluralin	بازدارنده تقسیم سلولی Cell division inhibitor	امولسیون ۴۸٪ 48%, EC	گل سم گرگان، ایران Golsam, Gorgan, Iran	۱۲۰۰ گرم ماده مؤثره (۲/۵ لیتر ماده تجاری) 1200 [a] (2.5 L ®)

a: مقدار علف‌کش براساس گرم ماده مؤثره در هکتار نشان داده شده است.
a: Rates of herbicides are presented in g a.i. ha^{-1}

علف‌کش ترفلان در زمان‌های مورد نظر بـه میـزان ۲/۵ لیتـر در هزار لیتر برای هر هکتار به‌صورت اختلاط با خاک استفاده شد. بـرای اختلاط با خاک، این علف‌کش ابتدا روی خاک پاشیده شـده و سـپس برای کاهش تبخیر و تجزیه نوری و کنترل مطلوب علف‌های هـرزی که در نزدیک سطح خاک در حال جوانه‌زنی هستند، توسط دیسک تـا عمق ۱۰ سانتی‌متری با خاک مخلوط شد. کاشت بذور گیاه زیره سـبز (توده کاشمر) برای کلیه تیمارها ۲۵ آذر ۱۴۰۰ در کرت‌هایی بـا ابعـاد ۴×۳ متر به میزان ۱۲ کیلوگرم در هکتار انجام شد. آبیـاری بلافاصـله بعد از کاشت براساس روش‌های مورد نظر انجـام گرفـت. هـیچ کـود شیمیایی در این آزمایش مورد استفاده قرار نگرفت. وجین علـف‌هـای هرز برای تیمار کنترل دستی علف هرز در سه نوبت انجام شد. در این آزمایش برای انجام آبیاری بـارانی از شـیوه آبیـاری کلاسـیک ثابـت استفاده گردید که با آبپاش آمبو (ساخت ایتالیا) با فشار ۵ بـار و شـدت پاشش ۲ لیتر در ثانیه استفاده شد. آبپاش‌ها با شعاع پاشش ۱۲ متـر و زاویه چرخش ۳۶۰ درجه نصب گردیدند. در روش غرقابی یـا شـیاری، آب به‌وسیله لوله‌های پلی‌اتیلن بـه ابتـدای جویچـه‌هـا منتقـل و وارد جویچـه‌هـا شـد. در تمـام مراحـل، حجـم آب ورودی بـه هـر کـرت اندازه‌گیری و ثبت شد. به‌منظور مشـخص کـردن مقـدار آب آبیـاری، رطوبت‌سنج‌های TDR ساخت شرکت اکل کمپ هلنـد بـرای پـایش رطوبت حجمی خاک پس از کالیبراسیون در محـدوده توسـعه ریشـه استفاده شد. دستگاه دارای دو میله فلـزی ۳۰ سـانتی‌متری بـوده کـه داخل آن‌ها سنسور تعبیه شده و با قرارگیـری در خـاک رطوبـت ثبـت می‌شود. به دلیل حساسیت این میله‌ها، قبـل از فـرو بـردن در زمـین، به‌وسیله آگر مخصوص دستگاه، در داخل خاک حفره ایجاد شـد. وزن مخصوص ظاهری خاک ۱/۲۹ گـرم در سـانتی‌متـر مکعـب، رطوبـت (حجمی) ظرفیت زراعی ۲۹/۴۴ درصد و رطوبت (حجمـی) پژمردگـی دایم ۱۹/۷۳ درصد بود. میـزان آب مـورد نیـاز گیـاه براسـاس تـأمین رطوبت خاک تا حد ظرفیت زراعی در عمق ۳۰ سـانتی‌متری خـاک و با در نظـر گـرفتن رانـدمان ۶۵ و ۷۵ درصـد بـه‌ترتیب بـرای آبیـاری غرقابی و بارانی تعیین شـد (Mastalizadeh, Khajoei-Nejad, & Moradi, 2020). اندازه‌گیری آب مصرفی تیمارهـا بـه‌وسـیله کنتـور حجمی انجام شد. زمان آبیاری برای هر دو روش آبیاری براسـاس ۵۰ درصد تخلیه رطوبتی خاک صورت گرفت (Gheysari *et al.*, 2017). میزان آب مصرفی برای کرت‌های مختلـف بـین ۲۳۱۰ مترمکعـب در هکتار در آبیاری بارانی تا ۲۶۹۲ مترمکعب در هکتار در آبیاری غرقابی متغیر بود.

صفت‌های مورد اندازه‌گیری

تعداد گیاهچه سبزشده: برای بررسی میزان خسارت احتمالی علف‌کش به بذور زیره سـبز، تعـداد گیاهچـه سبزشـده در هـر کـرت شمارش شد.

تراکم و وزن علف‌های هرز: تراکم و وزن خشـک علف‌هـای هرز ۳۰ روز پس از سبز شدن زیره، به کمک کوادرات به ابعاد ۵۰×۵۰ سانتی‌متر و به صورت تصادفی با رعایت اثر حاشیه اندازه‌گیری شد.

بوته‌میری گیاهچه‌ها: این صفت در شروع مرحله گلدهی زیره سبز مورد ارزیابی قرار گرفـت. بـرای ایـن منظـور، تعـداد بوتـه‌هـای خشـک‌شـده زیـره سـبز شـمارش شـد (Rezvani Moghaddam, Moradi, & Mansoori, 2014). از آن‌جایی‌که، ممکن است درصـد بوته‌میری به دلیل حساس بودن بذر گیاه به دوز ترفلان بوده باشـد و همچنین در خاک عوامل مختلف قارچی و غیرقارچی عامل بوته‌میری وجود دارد، در این آزمایش قارچ فوزاریوم به‌طور خاص مورد شناسـایی قرار نگرفت و بوته‌های از بین‌رفته شمارش گردید.

عملکرد و اجزای عملکرد: قبل از برداشت در نیمه اول خرداد ماه، از هر کرت تعداد ۱۰ بوته بـه‌طـور تصـادفی انتخـاب و صـفات و ویژگی‌هایی از جمله: وزن تر و خشک گیاه، ارتفاع و همچنین اجـزای عملکرد دانه از قبیل تعداد شاخه‌های فرعی در هر بوته، تعداد چتـر در هر بوته، تعداد چترک در هر چتر، تعداد دانه در هر چترک، تعداد دانـه در هر چتر، وزن هزار دانه و شاخص برداشت بـرای زیـره سـبز مـورد اندازه‌گیری قرار گرفتند. برای تعیین عملکرد نهایی در هر کـرت نـیم متر از کناره هر کرت به‌عنوان اثـر حاشـیه‌ای حـذف شـد و در سـطح باقی‌مانده عملکرد بیولوژیک (تر و خشک) و عملکرد دانه (اقتصـادی) تعیین شد.

درصد و عملکرد اسانس: مقدار ۵۰ گرم از دانه تولیدشـده در هر کرت به‌صورت تصادفی انتخاب و توسط دستگاه کلونجر با استفاده از روش تقطیر با آب، اسانس آن اندازه‌گیری شد. به ایـن منظـور هـر نمونه ابتدا کاملاً آسیاب شد و سپس درون بالن یک لیتری ریخته شد و ۷۵ میلی‌لیتر آب به آن اضافه گردید، سپس بـه مـدت ۴ سـاعت در دسـتگاه کلـونجر قـرار داده شـد (Clevenger, 1928) و پـس از رطوبت‌زدایی آب آن توسط سولفات سدیم بـا اسـتفاده از روش جنتـر (Guenther, 1961) درصد و عملکرد اسـانس تعیـین شـد. عملکـرد اسانس از حاصل‌ضرب درصد اسانس در عملکرد دانه به‌دست آمد.

کارایی مصرف آب: از تقسیم مقدار بذر تولیدی بـه مقـدار آب مصرفی به‌دست آمد.

آنالیز آماری: داده‌های حاصل از آزمایش براساس طرح آمـاری مورد استفاده، توسط نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۴ مورد تجزیه و تحلیـل قرار گرفتند و از آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد جهت مقایسه میانگین استفاده شد. برای رسم شکل‌ها از نـرم‌افـزار Excel اسـتفاده شد.

نتایج و بحث

تراکم و وزن خشک علف‌های هرز: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تأثیر تیمارهای آبیاری، مدیریت علف‌های هرز و برهم‌کنش این دو بر تراکم و وزن خشک علف‌های هرز در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). بررسی برهم‌کنش تیمارهای آبیاری و مدیریت علف‌های هرز نشان داد که در کلیه تیمارهای کنترل علف‌هرز، تراکم علف‌های هرز در شرایط آبیاری غرقابی بیشتر از بارانی بود (شکل ۲). این تفاوت در تیمار عدم کنترل علف هرز مشهودتر از مصرف علف‌کش بود. به‌طوری‌که، تراکم علف‌های هرز در زمان عدم کنترل علف‌های هرز برای آبیاری غرقابی (۴۱/۲۱ بوته در مترمربع) حدود ۲۹ درصد بیشتر از آبیاری بارانی (۲۹/۱۴ بوته در مترمربع) بود. نتایج تایید نمود که مصرف علف‌کش در کلیه زمان‌های مورد ارزیابی پس از کاربرد آن، منجر به کاهش معنی‌دار تراکم علف‌های هرز شد (شکل ۲). در هر دو روش آبیاری، با افزایش فاصله زمانی کاشت زیره سبز از زمان مصرف علف‌کش تراکم علف‌های هرز افزایش معنی‌داری نشان داد و کمترین تراکم علف‌های هرز در تیمار کاشت زیره سبز پس از سه روز مصرف علف‌کش به‌دست آمد. برای هردو روش آبیاری، تراکم علف‌های هرز در تیمار کاشت زیره سبز پس از ۲۱ روز مصرف علف‌کش به‌طور معنی‌داری بیشتر از دیگر زمان‌های کاشت پس از مصرف علف‌کش بود. در آبیاری بارانی، اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای کاشت زیره سبز پس از ۳، ۷ و ۱۴ روز مصرف علف‌کش از نظر تراکم علف‌های هرز مشاهده نشد. ولی در آبیاری غرقابی، تراکم علف‌های هرز در تیمار کاشت پس از ۱۴ روز مصرف علف‌کش (۱۴/۳۲ بوته در مترمربع) به‌طور معنی‌داری بیشتر از تیمار ۳ روز (۶/۱۷ بوته در مترمربع) بود. درخصوص وزن خشک علف‌های هرز نیز روندی تقریباً مشابه با تراکم علف هرز مشاهده شد (شکل ۳). کاربرد علف‌کش در کلیه تیمارهای زمان کاشت زیره سبز پس از مصرف آن منجر به کاهش معنی‌دار زیست‌توده علف هرز نسبت به تیمار شاهد شد. با افزایش زمان کاشت زیره سبز پس از مصرف علف‌کش وزن خشک علف‌های هرز افزایش معنی‌داری یافت و برای هردو روش آبیاری، بیشترین و کمترین زیست‌توده علف هرز به‌ترتیب در تیمارهای کاشت زیره سبز پس از ۲۱ و ۳ روز مصرف علف‌کش به‌دست آمد (شکل ۳).

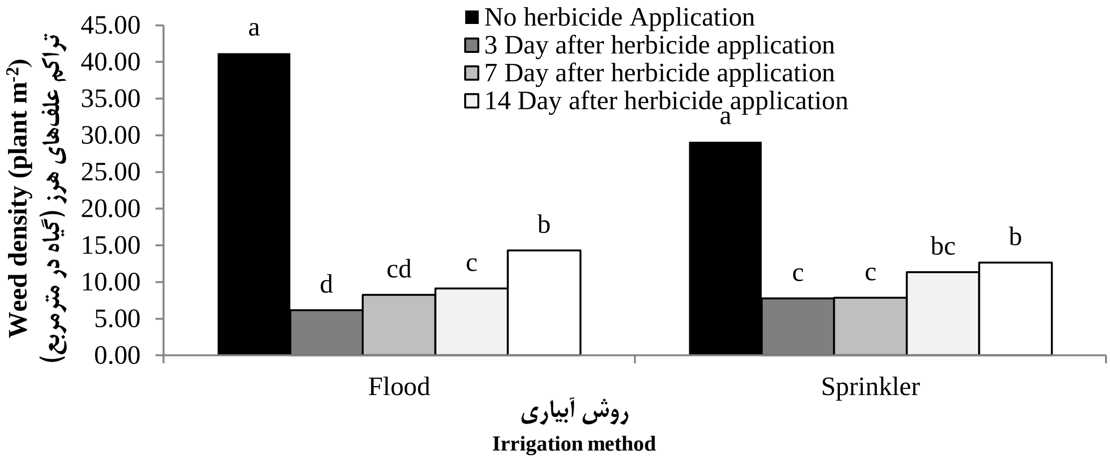
جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) تیمارهای مورد بررسی بر تراکم و وزن خشک علف‌های هرز
Table 3- Analysis of variance (means square) treatments results on weed density and dry weight

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	تراکم علف‌های هرز Weeds density	وزن خشک علف‌های هرز Weeds dry weight
تکرار Rep	2	57.14 ns	9.70 ns
نوع آبیاری Irrigation type (IT)	1	606.41**	360.9**
خطای اول Error1	2	34.77	14.14
مدیریت علف‌های هرز Weed Management (WM)	4	2845.8**	963.1**
مدیریت علف‌های هرز × نوع آبیاری IT×WM	4	856.3**	258**
خطای دوم Error2	16	94.88	31.22
ضریب تغییرات C.V (%)	-	11.4	12.2

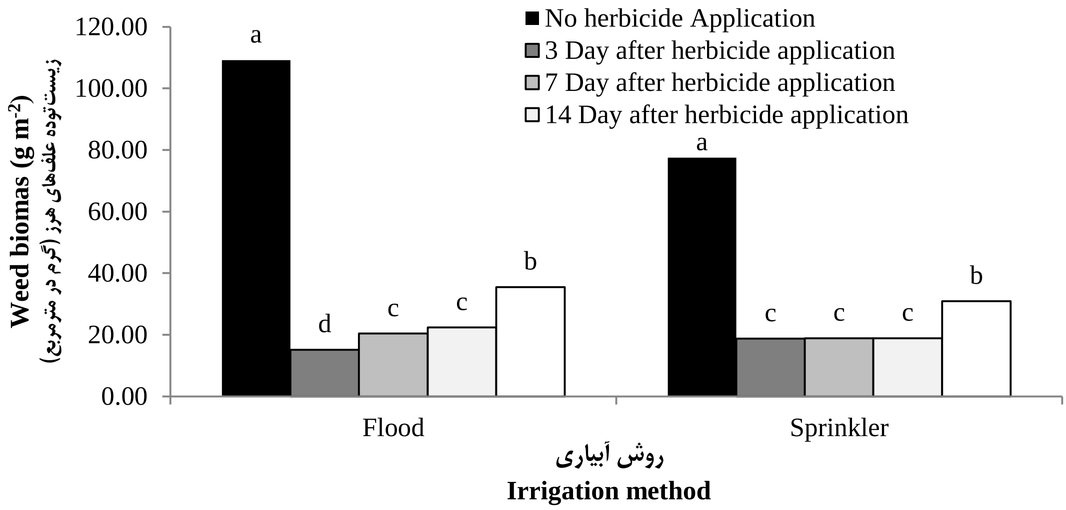
ns، * و **: به‌ترتیب عدم معنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال پنج و یک درصد
ns, * and **: non-significant and significant at the probability level of 5% and 1%, respectively

تعداد بوته سبزشده زیره سبز: نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که تیمار مدیریت علف هرز به‌طور معنی‌داری ($p\leq0.01$) این شاخص را تحت تأثیر قرار داد ولی تیمار روش آبیاری و همچنین برهم‌کنش روش آبیاری در مدیریت علف‌هرز تأثیر معنی‌داری بر آن نداشت (جدول ۴). نتایج نشان داد که مصرف علف‌کش منجر به کاهش قابل‌توجه تعداد بوته‌های سبزشده گیاه زیره سبز شد. به‌طوری‌که، بالاترین تعداد بوته سبزشده زیره سبز در تیمارهای عدم مصرف علف‌کش (۸۷/۱۲ بوته در مترمربع) و وجین دستی علف هرز (۸۸/۱۳ بوته در مترمربع) مشاهده شد که اختلاف معنی‌داری با دیگر تیمارهای کنترل علف هرز دارا بودند (جدول ۵). از

طرفی، هرچه گیاه زیره سبز با فاصله زمانی دیرتری نسبت به زمان مصرف علف‌کش کشت شده بود، درصد بوته‌های سبزشده این گیاه به‌طور معنی‌داری افزایش یافته بود (جدول ۵). به‌عنوان نمونه، تعداد بوته سبزشده زیره سبز در تیمار کاشت زیره سبز ۲۱ روز پس از مصرف علف‌کش نسبت به تیمارهای ۳، ۷ و ۱۴ روز به‌ترتیب حدود ۵۰، ۴۹ و ۱۷ درصد بیشتر بود. اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای کاشت زیره سبز در ۳ و ۷ روز پس از مصرف علف‌کش از نظر این شاخص مشاهده نشد.



شکل ۲- برهم‌کنش روش آبیاری و زمان کاشت زیره سبز پس از مصرف علف‌کش بر تراکم علف‌های هرز
(براساس روش برش‌دهی، میانگین‌های دارای حروف مشترک اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد براساس آزمون دانکن ندارند.)
Figure 2- The interaction of irrigation method and sown date of cumin after appllying herbicide on weed density
(Based on slicing method, means with same letters are not significantly different according to Duncan test (p< 0.05))



شکل ۳- برهم‌کنش روش آبیاری و زمان کاشت زیره سبز پس از مصرف علف‌کش بر زیست‌توده علف‌های هرز
(براساس روش برش‌دهی، میانگین‌های دارای حروف مشترک اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد براساس آزمون دانکن ندارند.)
Figure 3- The interaction of irrigation method and sown date of cumin after appllying herbicide on weed biomass
(Based on slicing method, means with same letters are not significantly different according to Duncan test (p< 0.05))

ارتفاع بوته: این شاخص تنها تحت تأثیر تیمار مدیریت علف‌های هرز ($p≤0.01$) قرار گرفت (جدول ۴). تیمار روش آبیاری و برهم‌کنش آبیاری × مدیریت علف هرز تأثیر معنی‌داری بر ارتفاع بوته نداشت. در بین تیمارهای مدیریتی علف هرز، تیمار کاشت زیره سبز پس از ۷ روز مصرف علف‌کش (۳۷/۰۱ سانتی‌متر) بدون اختلاف با تیمارهای ۳ روز (۳۶/۵۲ سانتی‌متر) و ۱۴ روز (۳۴/۵۵ سانتی‌متر) بیشترین ارتفاع بوته را شامل شد (جدول ۶). اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای وجین دستی علف هرز (۳۱/۵۸ سانتی‌متر) و کاشت زیره سبز پس از ۱۴ روز مصرف علف‌کش (۳۲/۰۸ سانتی‌متر) مشاهده نشد. کمترین ارتفاع بوته (۲۴/۶۸ سانتی‌متر) نیز مربوط به تیمار عدم کنترل علف هرز بود که ارتفاع بوته در آن نسبت به تیمار کاشت زیره

سبز پس از ۷ روز مصرف علف‌کش حدود ۳۳ درصد کاهش نشان داد (جدول ۵).

بوته‌میری گیاهچه‌ها: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تیمارهای نوع آبیاری، نوع مدیریت علف‌های هرز و همچنین برهم‌کنش بین نوع آبیاری و نوع مدیریت علف‌های هرز بر بوته‌میری گیاهچه‌ها اثر معنی‌داری ($p\leq0.01$) داشت (جدول ۴).

نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل نوع آبیاری و نوع مدیریت علف‌های هرز بر بوته‌میری گیاهچه‌ها نشان داد که در شرایط غرقابی بین تیمارهای عدم کنترل و کنترل علف‌های هرز اختلاف معنی‌داری وجود دارد درحالی‌که این اختلاف در شرایط آبیاری بارانی معنی‌دار نبود (جدول ۶). علاوه‌بر این کمترین میزان بوته‌میری در تیمار کاربرد تریفلورالین ۳ روز قبل از کاشت در هر دو نوع آبیاری مشاهده شد. میزان بوته‌میری به‌طور کلی با افزایش فاصله زمان کاربرد علف‌کش تا کاشت به‌ویژه در آبیاری غرقابی افزایش را نشان داد.

جدول ٤- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) تیمارهای مورد بررسی بر خصوصیات مختلف زیره سبز

Table 4- Analysis of variance (means square) treatments results on cumin characteristics

منابع تغییرات S.O.V	درجه ازادی d.f	تعداد بوته سبزشده Number of seedling emergence (Plant m^{-2})	ارتفاع Height (cm)	بوته‌میری Infected plants
تکرار Replication	2	77.93 ns	0.671 ns	0.033 ns
نوع آبیاری Irrigation type (IT)	1	6.41 ns	0.974 ns	68.29 **
خطای اول Error1	2	14.77	21.41	0.168
مدیریت علف‌های هرز Weed management (WM)	5	1846.7 **	123.13 **	20.48 **
مدیریت علف‌های هرز × نوع آبیاری IT×WM	5	3.33 ns	5.06 ns	11.31 **
خطای دوم Error2	20	54.89	12.24	0.101
ضریب تغییرات C.V (%)	-	10.8	8.7	8.8

ns، * و **: به‌ترتیب عدم معنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال پنج و یک درصد

ns, * and **: non-significant and significant at the probability level of 5% and 1%, respectively

جدول ٥- تأثیر تیمارهای مورد بررسی بر تعداد بوته سبزشده و ارتفاع گیاهچه‌های زیره سبز

Table 5- The effect of treatments on cumin seedling emerge and plant height

تیمار Treatment	نوع تیمار Treatment type	تعداد بوته سبز شده Number of seedling emergence (plant m^{-2})	ارتفاع Height (cm)
روش آبیاری Irrigation method	غرقابی Flood	67.87[a]	32.90[a]
	بارانی Sprinkler	68.72[a]	32.57[a]
زمان کاشت زیره سبز پس از مصرف علف‌کش Time of cumin planting after herbicide application (Day)	عدم کنترل علف‌های هرز No weeds control	87.12[a]	24.68[c]
	وجین علف‌های هرز Hand weeding	88.13[a]	31.58[b]
	۳ روز 3 days	49.13[d]	36.52[a]
	۷ روز 7 days	49.17[d]	37.01[a]
	۱۴ روز 14 days	62.81[c]	34.55[ab]
	۲۱ روز 21 days	73.44[b]	32.08[b]

* برای هر تیمار، حروف مشترک در هر ستون دارای اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد براساس آزمون دانکن نمی‌باشد.

* In each column, same letters are not significantly different according to Duncan test ($p< 0.05$)

جدول ٦- تأثیر برهم‌کنش تیمارهای مورد بررسی بر درصد بوته‌میری گیاهچه‌های زیره سبز

Table 6- The interaction of irrigation method and sown date of cumin after appllying herbicide on damping off seedlings

تیمار Treatment		درصد بوته‌میری Infected plants percentage
آبیاری Irrigation	زمان کاشت زیره سبز پس از مصرف علف‌کش Cumin sown date after herbicide application	
غرقابی Flood	عدم کنترل علف‌های هرز No weeds control	7.23 b*
	وجین علف‌های هرز Hand weeding	9.30 a
	۳ روز 3 days	1.03 d
	۷ روز 7 days	2.07 d
	۱۴ روز 14 days	4.13 c
	۲۱ روز 21 days	6.20 b
بارانی Sprinkler	عدم کنترل علف‌های هرز No weeds control	2.07 ab
	وجین علف‌های هرز Hand weeding	3.10 a
	۳ روز 3 days	1.03 b
	۷ روز 7 days	2.07 ab
	۱۴ روز 14 days	3.10 a
	۲۱ روز 21 days	2.07 ab

* در هر ستون براساس روش برش‌دهی، میانگین های دارای حروف مشترک اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد براساس آزمون دانکن ندارند.

* In each column based on slicing method, means with same letters are not significantly different according to Duncan test ($p<$ 0.05)

تعداد چتر در بوته: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تیمارهای روش آبیاری و مدیریت علف هرز در سطح احتمال یک درصد تعداد چتر در بوته زیره سبز را تحت تأثیر قرار دادند، ولی برهم‌کنش این دو عامل تأثیر معنی‌داری بر آن نداشت (جدول ۷). نتایج نشان داد که تعداد چتر در بوته زیره سبز در روش آبیاری بارانی حدود ۹ درصد بیشتر از آبیاری غرقابی بود (جدول ۸).

مقایسه میانگین فاکتور مدیریت علف هرز نیز تایید نمود که هم وجین علف هرز و هم استفاده از علف‌کش به‌طور معنی‌داری باعث بهبود این شاخص شدند (جدول ۸). به‌طوری‌که، کمترین تعداد چتر در بوته (۱۳/۲۰) در تیمار عدم وجین علف هرز مشاهده شد. وجین علف هرز منجر به افزایش حدود ۷۶ درصدی این شاخص نسبت به تیمار عدم وجین شد. اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای مختلف زمان کاشت پس از کاربرد علف‌کش مشاهده نشد. بیشترین تعداد چتر در بوته (۲۹/۴۳) در تیمار کاشت زیره سبز پس از ۷ روز مصرف علف‌کش حاصل شد که این شاخص را نسبت به تیمار عدم وجین علف هرز حدود ۱۲۳ درصد بهبود داد.

وزن هزار دانه: این شاخص تنها تحت تأثیر تیمار مدیریت علف‌های هرز قرار گرفت (جدول ۷). بالاترین وزن هزار دانه زیره سبز (۲/۶۶ گرم) در تیمار عدم وجین علف‌های هرز مشاهده شد که اختلاف معنی‌داری با دیگر تیمارهای کنترل علف‌های هرز دارا بود (جدول ۸). میزان وزن هزار دانه در تیمارهای مصرف علف‌کش اختلاف معنی‌داری نشان نداد ولی میزان این شاخص در تیمار وجین علف‌های هرز (۲/۴۹ گرم) به‌طور معنی‌داری بیشتر از همه آن‌ها بود.

عملکرد بیولوژیک: فاکتورهای روش آبیاری و مدیریت علف‌هرز عملکرد بیولوژیک را در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر قرار دادند (جدول ۷). تأثیر برهم‌کنش این دو فاکتور نیز در سطح احتمال پنج درصد بر این شاخص معنی‌دار بود. نتایج مقایسه میانگین برهم‌کنش روش آبیاری و مدیریت علف هرز نشان داد که در کلیه

تیمارهای مدیریت علف هرز، میزان عملکرد بیولوژیک زیره سبز در آبیاری بارانی بیشتر از آبیاری غرقابی بود (جدول ۹). به‌طور کلی، بالاترین میزان عملکرد بیولوژیک (۱۹۶۲ کیلوگرم در هکتار) در تیمار وجین دستی علف‌های هرز در شرایط آبیاری بارانی تولید شد. در شرایط آبیاری غرقابی، بالاترین عملکرد بیولوژیک (۱۷۱۲/۸ کیلوگرم در هکتار) در تیمار کاشت زیره سبز ۲۱ روز پس از مصرف علف‌کش به‌دست آمد که البته با تیمار وجین علف هرز (۱۶۸۲ کیلوگرم در هکتار) اختلاف معنی‌داری نشان نداد. کمترین عملکرد بیولوژیک در شرایط آبیاری غرقابی، نیز مربوط به تیمار عدم وجین بود. در این شرایط، مصرف علف‌کش منجر به بهبود معنی‌دار عملکرد بیولوژیک نسبت به تیمار عدم کنترل علف‌های هرز شد. به‌طوری‌که، کاشت زیره سبز پس از ۳، ۷، ۱۴ و ۲۱ روز مصرف علف‌کش به‌ترتیب منجر به افزایش حدود ۲۰، ۱۷، ۴۰ و ۵۶ درصدی عملکرد بیولوژیک این گیاه نسبت به تیمار عدم کنترل علف هرز شد. در شرایط آبیاری بارانی، کلیه تیمارهای مدیریت علف هرز منجر به افزایش قابل‌توجه عملکرد بیولوژیک زیره سبز نسبت به تیمار عدم کنترل علف هرز شد (جدول ۹). با این وجود، اختلاف تیمار عدم کنترل علف‌های هرز (۱۳۲۰/۶ کیلوگرم در هکتار) با تیمارهای کاشت زیره سبز پس از ۳ (۱۳۶۲/۶ کیلوگرم در هکتار) و (۱۳۷۸/۲ کیلوگرم در هکتار) ۷ روز مصرف علف‌کش از نظر عملکرد بیولوژیک معنی‌دار نبود. وجین علف هرز به‌طور معنی‌داری عملکرد بیولوژیک بالاتری نسبت به کنترل شیمیایی تولید نمود. با طولانی‌تر شدن کاشت زیره سبز از زمان مصرف علف‌کش، عملکرد بیولوژیک بهبود یافت. به‌طوری‌که، کاشت زیره سبز پس از ۲۱ روز مصرف علف‌کش نسبت به تیمارهای ۳، ۷ و ۱۴ روز، میزان عملکرد بیولوژیک را به‌ترتیب حدود ۳۲، ۳۰ و ۹ درصد افزایش داد.

جدول ۷- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) تیمارهای مورد بررسی بر اجزای عملکرد، عملکرد و کارایی مصرف آب مختلف زیره سبز

Table 7- Analysis of variance (means square) treatments results on yield components, yield and water use efficiency of cumin

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی d.f	تعداد چتر در بوته Number of umberella per plant	وزن هزار دانه 1000 seed weight (g)	عملکرد بیولوژیک Biological yield (kg ha^{-1})	عملکرد دانه Seed yield (kg ha^{-1})	شاخص برداشت Harvest index (%)	درصد اسانس Essential oil (%)	عملکرد اسانس Essential oil yield (L ha^{-1})	کارآیی مصرف آب WUE
تکرار Replication	2	1.76 ^{ns}	0.005 ^{ns}	8925^{ns}	1108^{ns}	9.55^{ns}	0.013^{ns}	0.370^{ns}	0.006 ^{ns}
نوع آبیاری Irrigation type (IT)	1	43.11**	0.006 ^{ns}	162716**	69554**	26.93*	0.890**	140**	0.625**
خطای اول Error 1	2	2.95	0.014	1214	6414	2.31	0.024	0.185	0.014
مدیریت علف‌های هرز Weed management (WM)	5	235.1**	0.143**	374001**	102252**	53.02*	0.025^{ns}	51.53**	0.019**
مدیریت علف‌های هرز × نوع آبیاری IT×WM	5	0.82^{ns}	0.001^{ns}	23311*	5618*	2.63^{ns}	0.039**	6.05**	0.008 ^{ns}
خطای دوم Error 2	20	2.21	0.023	7598	1975	8.58	0.013	0.576	0.003
ضریب تغییرات C.V (%)	-	5.9	6.1	8.8	9.0	6. 6	6.1	5.8	9.4

ns، * و **: به‌ترتیب عدم معنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال پنج و یک درصد

ns, * and **: non-significant and significant at the probability level of 5% and 1%, respectively

عملکرد دانه: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات ساده و متقابل تیمارهای مورد بررسی تأثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه زیره سبز داشتند (جدول ۷). در کلیه تیمارهای مدیریت علف هرز، عملکرد دانه در آبیاری بارانی بیشتر از آبیاری غرقابی بود (شکل ۴). در هردو روش آبیاری، هم وجین دستی و هم کنترل شیمیایی علف هرز در مقایسه با تیمار عدم کنترل علف هرز منجر به افزایش معنی‌دار تولید دانه زیره سبز شدند. در آبیاری بارانی، بالاترین عملکرد دانه (۹۳۱/۶ کیلوگرم در هکتار) در تیمار وجین دستی علف هرز به‌دست آمد که با دیگر تیمارها اختلاف معنی‌داری دارا بود ولی در آبیاری غرقابی، تیمار کاشت زیره سبز پس از ۲۱ روز مصرف علف‌کش (۷۷۶/۲ کیلوگرم در هکتار) بدون اختلاف معنی‌دار با تیمار وجین دستی علف هرز (۷۳۴/۵ کیلوگرم در هکتار) بالاترین عملکرد دانه را تولید کردند (شکل ۴).

جدول ۸- تأثیر تیمارهای مورد بررسی بر تعداد چتر در بوته، وزن هزار دانه و شاخص برداشت زیره سبز
Table 8- The effect of treatments on cumin number of umberella per plant, 1000 seed weight, and harvest index

تیمار Treatment	نوع تیمار Treatment type	تعداد چتر در بوته Number of umberella per plant	وزن هزار دانه 1000-seed weight (g)	شاخص برداشت Harvest index (%)	کارآیی مصرف آب WUE (kg m^{-3})
روش آبیاری Irrigation method	غرقابی Flood	24.00 ^{b}	2.50 ^{a}	43.79 ^{b}	0.24 ^{b}
	بارانی Sprinkler	26.19 ^{a}	2.47 ^{a}	45.52 ^{a}	0.31 ^{a}
زمان کاشت زیره سبز پس از مصرف علف‌کش Time of cumin planting after herbicide application (Day)	عدم کنترل علف‌های هرز No weeds control	13.20 ^{c}	2.66 ^{a}	41.96 ^{b}	0.21 ^{d}
	وجین علف‌های هرز Hand weeding	23.24 ^{b}	2.49 ^{b}	45.56 ^{a}	0.33 ^{a}
	۳ روز 3 days	29.28 ^{a}	2.44 ^{c}	44.80 ^{ab}	0.24 ^{c}
	۷ روز 7 days	29.43 ^{a}	2.44 ^{c}	44.31 ^{ab}	0.24 ^{c}
	۱۴ روز 14 days	28.35 ^{a}	2.44 ^{c}	45.08 ^{a}	0.29 ^{b}
	۲۱ روز 21 days	27.11 ^{a}	2.46 ^{c}	46.22 ^{a}	0.32 ^{a}

* برای هر تیمار، حروف مشترک در هر ستون دارای اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد براساس آزمون دانکن نمی‌باشد.
* In each column, same letters are not significantly different according to Duncan test (p< 0.05)

در هردو روش آبیاری، از نظر عملکرد دانه اختلاف معنی‌داری بین دو تیمار کاشت زیره سبز پس از ۳ و ۷ روز مصرف علف‌کش مشاهده نشد. نتایج این نکته را تایید نمود که با فاصله گرفتن کاشت زیره سبز از زمان مصرف علف‌کش عملکرد دانه افزایش معنی‌داری یافت. به‌عنوان مثال، با افزایش این فاصله از ۳ به ۲۱ روز، زیره سبز در روش آبیاری غرقابی و بارانی به‌ترتیب حدود ۳۳ و ۳۷ درصد عملکرد دانه بیشتری تولید نمود (شکل ۴).

شاخص برداشت (HI): این شاخص تحت تأثیر روش آبیاری و مدیریت علف هرز در سطح احتمال پنج درصد قرار گرفت (جدول ۷). برهم‌کنش این دو عامل تأثیر معنی‌داری بر شاخص برداشت نداشتند. شاخص برداشت در آبیاری بارانی (۴۵/۵۲ درصد) حدود ۴ درصد بیشتر از آبیاری غرقابی (۴۳/۷۹ درصد) بود (جدول ۸). مقایسه میانگین تیمار مدیریت علف هرز نیز نشان داد که کمترین شاخص برداشت (۴۱/۹۶ درصد) در تیمار عدم کنترل علف هرز مشاهده شد که به‌طور معنی‌داری کمتر از دیگر تیمارها بود (جدول ۸). اختلاف معنی‌داری بین تیمار وجین دستی علف هرز با تیمارهای مختلف کنترل شیمیایی علف‌های هرز از نظر شاخص برداشت مشاهده نشد ولی با این وجود، تیمار کاشت زیره سبز پس از ۲۱ روز مصرف علف‌کش بالاترین (۴۶/۲۲ درصد) میزان این شاخص را دارا بود.

کارایی مصرف آب (WUE): نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تأثیر روش آبیاری و مدیریت علف هرز بر میزان کارایی مصرف آب در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود ولی اثر متقابل این دو عامل اثر معنی‌داری بر این شاخص نداشت (جدول ۷). میزان کارایی مصرف آب در روش آبیاری غرقابی (۰/۲۴ کیلوگرم بر مترمکعب) حدود ۲۹ درصد کمتر از آبیاری بارانی (۰/۳۱ کیلوگرم بر مترمکعب) بود (جدول ۸). کلیه تیمارهای مدیریت علف هرز منجر به افزایش معنی‌دار کارایی مصرف آب نسبت به تیمار عدم کنترل علف هرز شدند (جدول ۸). با افزایش فاصله کاشت زیره سبز از زمان مصرف علف‌کش، کارایی مصرف آب افزایش معنی‌داری نشان داد. دو تیمار وجین دستی علف هرز (۰/۳۳ کیلوگرم بر مترمکعب) و کاشت زیره سبز پس از ۲۱ روز مصرف علف‌کش (۰/۳۲ کیلوگرم بر مترمکعب) بالاترین کارایی مصرف آب را شامل شدند که نسبت به تیمار عدم کنترل علف‌های هرز، این شاخص را به‌ترتیب حدود ۵۷ و ۵۲ درصد بهبود دادند.

درصد اسانس: روش آبیاری تأثیر معنی‌داری ($P≤0.01$) بر درصد اسانس داشت، ولی تیمار کنترل علف هرز این شاخص را تحت تأثیر قرار نداد (جدول ۷). همچنین، برهم‌کنش این دو فاکتور بر درصد اسانس معنی‌دار ($P≤0.01$) بود. درصد اسانس در آبیاری بارانی به‌طور قابل‌توجهی بیشتر از آبیاری غرقابی بود (جدول ۹). به‌طوری‌که در تیمارهای مختلف مدیریت علف هرز، دامنه درصد اسانس در آبیاری غرقابی بین ۱/۷۲ تا ۱/۷۹ درصد و در آبیاری بارانی بین ۱/۸۰ تا ۲/۱۷ درصد متغیر بود. در آبیاری غرقابی اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای مختلف مدیریت علف هرز مشاهده نشد. در آبیاری بارانی، میزان این شاخص در تیمار عدم کنترل علف هرز (۱/۸۰ درصد)

اختلاف معنی‌داری با تیمار کاشت زیره سبز پس از ۳ روز مصرف علف‌کش (۲/۰۱ درصد) نداشت ولی به‌طور معنی‌داری پایین تر از دیگر تیمارهای کنترل دستی و شیمیایی علف‌های هرز بود (جدول ۹).

عملکرد اسانس: این شاخص در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر اثرات ساده و متقابل فاکتورهای مورد بررسی قرار گرفت (جدول ۷). در کلیه تیمارهای مدیریت علف هرز، میزان عملکرد اسانس در آبیاری بارانی به‌طور چشم‌گیری بالاتر از آبیاری غرقابی بود (جدول ۹). این تفاوت در تیمارهای کنترل دستی و شیمیایی علف هرز مشهودتر از تیمار عدم کنترل علف هرز بود. به‌عنوان نمونه، تفاوت بین عملکرد اسانس در آبیاری بارانی و غرقابی برای تیمارهای وجین دستی علف هرز و کاشت زیره سبز پس از ۲۱ روز مصرف علف‌کش به‌ترتیب حدود ۲۰ و ۲۷ درصد بود. در آبیاری بارانی، کلیه تیمارهای مدیریت علف هرز منجر به افزایش معنی‌دار تولید اسانس نسبت به تیمار عدم کنترل علف هرز شدند. ولی در آبیاری غرقابی، اختلاف معنی‌داری بین تیمار عدم کنترل علف هرز (۸/۱۱ لیتر در هکتار) و کاشت زیره پس از ۷ روز مصرف علف‌کش (۹/۹۲ لیتر در هکتار) وجود نداشت (جدول ۹). در شرایط آبیاری بارانی، تیمار کاشت زیره سبز پس از ۲۱ روز مصرف علف‌کش بیشترین میزان اسانس (۲۰/۱۵ لیتر در هکتار) را تولید کرد که نسبت به تیمار عدم کنترل علف هرز (۱۰/۱۳ لیتر در هکتار) میزان این شاخص را تقریبا دو برابر کرد.

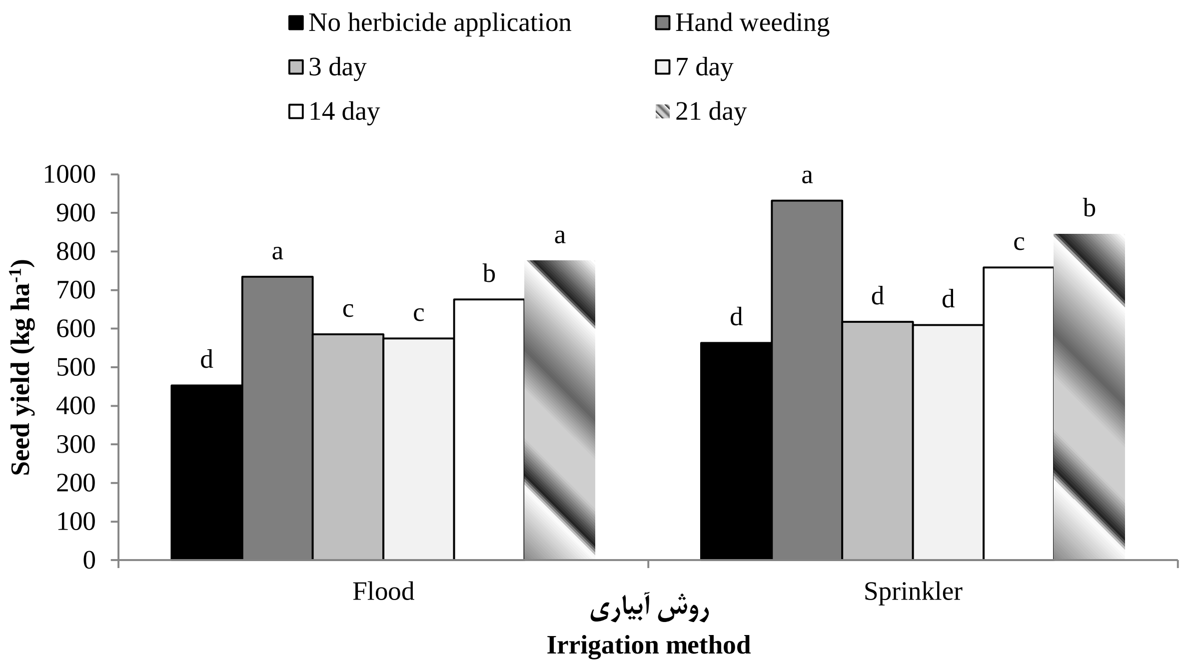
جدول ۹- تأثیر برهم‌کنش تیمارهای مورد بررسی بر اجزای عملکرد و عملکرد مختلف زیره سبز

Table 9- The interaction effect of irrigation method and sown date of cumin after appllying herbicide on on yield components and yield of cumin

آبیاری Irrigation	زمان کاشت زیره سبز پس از مصرف علف‌کش Cumin sown date after herbicide application	عملکرد بیولوژیک Biological yield (kg ha^{-1})	درصد اسانس Essential oil (%)	عملکرد اسانس Essential oil yield (L ha^{-1})
غرقابی Flood	عدم کنترل علف‌های هرز No weeds control	1098.7 ^{d*}	1.79 ^{a}	8.11 ^{c}
	وجین علف‌های هرز Hand weeding	1682.1 ^{ab}	1.76 ^{a}	12.94 ^{a}
	۳ روز 3 days	1322.0 ^{c}	1.74 ^{a}	10.16 ^{b}
	۷ روز 7 days	1295.7 ^{c}	1.73 ^{a}	9.92 ^{bc}
	۱۴ روز 14 days	1540.2 ^{b}	1.72 ^{a}	11.61 ^{b}
	۲۱ روز 21 days	1712.8 ^{a}	1.74 ^{a}	13.54 ^{a}
بارانی Sprinkler	عدم کنترل علف‌های هرز No weeds control	1320.6 ^{d}	1.80 ^{b}	10.13 ^{e}
	وجین علف‌های هرز Hand weeding	1962.4 ^{a}	2.16 ^{a}	20.15 ^{a}
	۳ روز 3 days	1362.6 ^{d}	2.01 ^{ab}	12.42 ^{d}
	۷ روز 7 days	1378.2 ^{d}	2.06 ^{a}	12.59 ^{d}
	۱۴ روز 14 days	1639.4 ^{c}	2.17 ^{a}	16.48 ^{c}
	۲۱ روز 21 days	1795.1 ^{b}	2.15 ^{a}	18.22 ^{b}

* در هر ستون براساس روش برش‌دهی، میانگین‌های دارای حروف مشترک اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد براساس آزمون دانکن ندارند.

* In each column based on slicing method, means with same letters are not significantly different according to Duncan test (p< 0.05)



شکل ٤- برهم‌کنش روش آبیاری و زمان کاشت زیره سبز پس از مصرف علف‌کش بر عملکرد دانه زیره سبز

براساس روش برش‌دهی، میانگین‌های دارای حروف مشترک اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد براساس آزمون دانکن ندارند.

Figure 4- The interaction of irrigation method and sown date of cumin after appllying herbicide on seed yield of cumin

Based on slicing method, means with same letters are not significantly different according to Duncan test (p< 0.05)

در آبیاری غرقابی، بیشترین عملکرد اسانس تولیدی در تیمار کاشت زیره سبز پس از ۲۱ روز مصرف علف‌کش (۱۳/۵۴ لیتر در هکتار) حاصل شد که این شاخص را نسبت به تیمار شاهد (۸/۱۱ لیتر در هکتار) حدود ۶۶ درصد بهبود بخشید. در هردو روش آبیاری، با افزایش فاصله کاشت از زمان مصرف علف‌کش، میزان اسانس تولیدی افزایش یافت.

نتایج آزمایش نشان داد که عدم کنترل علف‌های هرز منجر به کاهش خصوصیات کمی و کیفی زیره سبز شد. سایر مطالعات نیز کاهش کمی و کیفی محصولات کشاورزی در نتیجه حضور علف‌های هرز وابسته به نوع و تراکم علف های هرز و گیاه زراعی را گزارش کردند (Zimdahl, 2004; Rashed Mohassel *et al.*, 2022). گیاهانی که دارای رشد ضعیف‌تر بوده و زیست‌توده کمتری تولید می‌کنند حساسیت بیشتری نسبت به رقابت با علف‌های هرز نشان می‌دهند (Zimdahl, 2004; Rashed Mohassel *et al.*, 2022). یکی از مهم‌ترین و مؤثرترین روش‌های کنترل علف‌های هرز وجین دستی می‌باشد که کارایی بالایی دارد. ولی به دلیل تحمل هزینه زیاد به کشاورزان و همچنین نیاز به صرف زمان زیاد در بسیاری از موارد به‌ویژه در سطح وسیع قابل استفاده نیست (Radosevich, *et al.*, 1997; Rashed Mohassel *et al.*, 2022). بنابراین روش مدیریت شیمیایی که نسبت به وجین دستی کم هزینه‌تر، نیاز به زمان کمتر، کاربرد راحت، امکان استفاده در مزرعه‌های وسیع را دارد بین کشاورزان گسترش یافته است (Rashed Mohassel *et al.*, 2022).

نتایج مطالعه حاضر نشان داد که تراکم و زیست‌توده علف‌های هرز در آبیاری غرقابی بیش از آبیاری بارانی بود (شکل‌های ۲ و ۳). بنابراین به نظر می‌رسد، انتخاب روش مناسب آبیاری یکی از راهکارهای زراعی مهم در کنترل علف‌های هرز در محصولات زراعی مختلف مانند زیره سبز باشد. در مطالعه انجام گرفته در تأثیر روش آبیاری بر رشد انواع علف‌های هرز مزارع نیشکر (*Saccharum officinarum*) که توسط فضلی و همکاران (Fazli *et al.*, 2022)، انجام شده است، نشان داد که استفاده از روش آبیاری غرقابی بیش از بقیه روش‌ها سبب افزایش وزن خشک و تراکم علف‌های هرز شده است. این محققین یکی از دلایل این مسئله را ورود بیشتر بذر علف‌های هرز از طریق آب آبیاری به روش سطحی، نسبت به آبیاری بارانی دانستند. بنابراین، به نظر می‌رسد بخشی از علف‌های هرزی که در تیمار آبیاری غرقابی رشد کرده‌اند ممکن است از طریق آب آبیاری به مزرعه راه یافته باشد. استفاده از سیستم آبیاری قطره‌ای و بارانی با میکرونازل بر میزان اثر کاهشی عملکرد پیاز (*Allium cepa*) اثرگذار بود. به‌طوری که کاهش دوره بحرانی مدیریت علف‌های هرز در صورت استفاده از آبیاری قطره‌ای در مقایسه با بارانی با میکرونازل از ۷۴ روز به ۴۵ روز مشاهده شد (De Freitas Souza *et al.*, 2021).

همچنین مطالعه حاضر نشان داد تفاوت بین تراکم علف هرز و بیومس آن در زمان‌های مختلف مصرف علف‌کش پیش از کاشت

زیره سبز، در آبیاری غرقابی بیشتر از بارانی بود (شکل‌های ۲ و ۳). یعنی آبیاری بارانی به‌طور خاص در کنترل علف‌های هرز نقش داشته است، بنابراین این نتیجه قابل‌انتظار است که بین تیمارهای مختلف زمان مصرف علف‌کش تا زمان کاشت، تفاوت کمتری در شرایط آبیاری بارانی نسبت به غرقابی باشد (Chowdhury *et al.*, 2017). همچنین، خفاگی و همکاران (Khaffagy *et al.*, 2022) بیان داشتند که روش آبیاری و میزان آب مصرفی می‌تواند رشد علف‌های هرز مزرعه سویا را تحریک کرده و از تأثیر نوع علف‌کش مصرفی بکاهد، به‌طوری‌که با مدیریت آبیاری می‌توان از علف‌کش‌هایی که خطر کمتری دارند، استفاده کرد.

نکته قابل‌توجه دیگر در نتایج این مطالعه این است که هرچه تعداد روز از مصرف علف‌کش تا کاشت زیره بیشتر شد، بیومس و تراکم علف هرز نیز افزایش یافت (شکل‌های ۲ و ۳). به‌نظر می‌رسد افزایش این فاصله زمانی سبب کاهش تأثیرگذاری علف‌کش به دلیل تثبیت آن در خاک، تجزیه نوری و یا تبخیر شده است (Senseman, 2007; Mehdizadeh *et al.*, 2015). با این‌حال، حتی کاشت بعد از ۲۱ روز از مصرف علف‌کش نسبت به عدم مصرف علف‌کش، توانست به‌ترتیب در روش آبیاری بارانی و غرقابی میزان بیوماس علف‌های هرز را کاهش دهد (شکل‌های ۲ و ۳). به دنبال تثبیت علف‌کش در ذرات خاک با افزایش فاصله زمانی از مصرف تا کاشت زیره، اثر مثبت و قابل‌مشاهده این تیمار بر سبز شدن بذور زیره، به افزایش عملکرد آن کمک نمود (جدول ۵). نتایج بررسی‌ها نشان داده است که زیره سبز به برخی علف‌کش‌ها نظیر متریبیوزین حساس است و در زمان کاربرد در محصول قبلی (پسماند علف‌کش) و همچنین کاربرد در زمان کاشت و پس از کاشت زیره سبز باید این مساله را در نظر داشت (Haji Rezaei *et al.*, 2021).

جوانه‌زنی و سبز شدن به‌عنوان اولین و مهم‌ترین مرحله رشد و استقرار گیاهچه، شناخته شده است که نقش بسیار تعیین‌کننده‌ای در عملکرد محصول در انتهای فصل رشد دارد (Oliveira *et al.*, 2020). تیمار ۲۱ روز نسبت به۳، ۷ و ۱۴ روز به‌طور معنی‌داری، تعداد بوته سبزشده را افزایش داد (جدول ۵). استقرار بهتر گیاهچه در این مرحله سبب شد تا این تیمار عملکرد بالاتر دانه و بیولوژیک را نسبت به بقیه تیمارهای کنترل علف هرز (۳، ۷، ۱۴ روز بعد از سبز شدن) نشان دهد (جدول ۹، شکل ۴). چمنی اصغری و همکاران (Chamani Asghari *et al.*, 2010) نیز نشان دادند که استقرار بهتر گیاهچه سبب افزایش عملکرد بوته و افزایش قدرت رقابت آن در مقابله با شرایط نامساعد محیطی مانند علف‌های هرز می‌شود. روش آبیاری تأثیری بر میزان سبز شدن بوته نداشت (جدول ۵). به نظر می‌رسد هر دو روش آبیاری، میزان رطوبت کافی را در اختیار بذور در حال سبز شدن زیره سبز قرار داده‌اند، همچنین، عدم وجود علف‌های هرز در مرحله استقرار گیاهچه، دلیل دیگری بر رشد بهتر گیاهچه و افزایش عملکرد است (Nassabadi *et al.*, 2019; Lowry & Smith, 2018).

عملکرد بیولوژیک در آبیاری بارانی به‌طور معنی‌داری بیشتر از آبیاری غرقابی بود (جدول ۹). با توجه تأثیر آبیاری بارانی بر کاهش تراکم و زیست‌توده علف‌های هرز و همچنین اثر آن بر رشد گیاه زیره، افزایش عملکرد بیولوژیک زیره قابل پیش‌بینی بود (شکل‌های ۲ و ۳، جدول ۹). همچنین در آبیاری بارانی به دلیل مصرف کمتر آب، بوته‌میری نیز کاهش معنی‌داری نشان داد (جدول ۶). تایید شده است که مدیریت‌های زراعی که در جهت کاهش مصرف آب صورت می‌گیرند می‌توانند در کاهش بیماری‌های قارچی گیاهان و افزایش رشد و عملکرد آن‌ها نقش به‌سزایی ایفا کنند (Ávalos-Sánchez *et al.*, 2022). در هر دو روش آبیاری، تیمار وجین علف هرز، بیشترین عملکرد بیولوژیک را نشان داد و سپس تیمار کاشت بعد از ۲۱ روز، با اختلاف اندکی از تیمار وجین دستی، قرار گرفت. این مسئله در موازات نتایج قبلی قرار گرفته است. بهبود رشد گیاه معمولا با کنترل شرایط زراعی، از جمله کنترل علف‌های هرز صورت می‌گیرد (Oliveria *et al.*, 2020). در مطالعه حاضر دلیل عدم موفقیت تیمارهای کاشت زیره سبز پس از ۳، ۷ و ۱۴ روز مصرف علف‌کش نسبت به ۲۱ روز، می‌تواند تأثیر منفی علف‌کش بر رشد گیاه اصلی باشد.

عملکرد دانه، به‌عنوان هدف اقتصادی از کشت گیاه زیره سبز محسوب می‌شود (Bahrami *et al.*, 2023). آبیاری بارانی، به دلیل ایجاد شرایط رطوبتی، تغذیه‌ای و فیزیکی مناسب‌تری که برای خاک ایجاد می‌کند شرایط بهتری را برای رشد گیاه فراهم کرده و عملکرد دانه را مانند عملکرد بیولوژیک افزایش داده است (Yava & Rahama, 2003; Sezen *et al.*, 2011; Kresović *et al.*, 2016). همچنین، در هر دو روش آبیاری کنترل علف‌های هرز با روش وجین دستی و کاشت زیره سبز بعد از ۲۱ روز مصرف علف‌کش، بیشترین عملکرد دانه را نشان دادند. باوجود تراکم و وزن خشک کمتر علف‌های هرز در تیمار کاشت زیره سبز پس از ۳ روز مصرف علف‌کش نسبت به ۲۱ روز، ولی به دلیل تعداد بوته بیشتر سبزشده زیره سبز در تیمار ۲۱ روز نسبت به ۳ روز، عملکرد دانه در تیمار ۲۱ روز بیشتر از ۳ روز بود. یعنی تأثیر تراکم بوته سبزشده بیشتر از کنترل علف‌هرز بوده است. به نظر می‌رسد بهبود سبز شدن بذور زیره و همچنین عدم خسارت ناشی از علف‌کش توانسته است منجر به بروز این نتیجه و عملکرد شود. از طرفی، کمترین عملکرد دانه در هر دو روش آبیاری در عدم وجین و کاشت بعد از ۳ و ۷ روز مصرف علف‌کش مشاهده شد (شکل ۴)، هرچند تیمارهای ۳ و ۷ روز در کنترل علف هرز موفق بودند، اما از آن طرف مانع سبز شدن زیره هم شده و در مراحل اولیه رشد گیاه آسیب رساندند. احتمالاً وجود علف‌کش، رشد بوته‌های سبزشده را نیز تحت تأثیر قرار داده است. علف‌کش‌ها به دلیل ورود به اندام گیاهچه‌های سبز شده، می‌توانند در

مراحل بعدی رشد گیاه نیز تأثیر بگذارند (Parween *et al.*, 2016). بیشترین وزن هزار دانه در شرایط عدم کنترل علف هرز به‌دست آمد. احتمالا در این تیمار تعداد چتر و چترک و دانه کمتر بوده و مواد فتوسنتزی بین تعداد دانه کمتری توزیع شده است.

کارایی مصرف آب در روش آبیاری بارانی به‌طور قابل‌توجهی بیشتر از آبیاری غرقابی بود (جدول ۸). تایید شده است که از آن‌جایی‌که تلفات آب به‌صورت رواناب و فرسایش خاک در روش آبیاری بارانی نسبت به آبیاری غرقابی به حداقل می‌رسد، کارایی مصرف آب در این روش بیشتر از آبیاری غرقابی می‌باشد. این موضوع توسط محققین زیادی گزارش شده است (Kresović *et al.*, 2016; Wang *et al.*, 2015; Abd El-Wahed *et al.*, 2015). وجین علف‌های هرز و همچنین کاربرد علف‌کش منجر به افزایش معنی‌دار کارایی مصرف آب نسبت به شرایط عدم وکنترل علف هرز شد (جدول ۸). از طرف دیگر، با افزایش فاصله زمانی مصرف علف‌کش تا کاشت زیره سبز، کارایی مصرف آب بهبود یافت. بدون تردید افزایش کارایی مصرف آب در زمان کنترل علف‌های هرز، به دلیل بالاتر بودن عملکرد این تیمارها نسبت به تیمار عدم کنترل علف هرز بوده است. همچنین، از آن‌جایی‌که علف‌های هرز در جذب آب و مواد غذایی بسیار موفق‌تر از گیاه زراعی عمل می‌کنند (Singh *et al.*, 2022; Abouziena *et al.*, 2014)، به‌نظر می‌رسد در زمان عدم کنترل علف‌های هرز، بخش زیادی از آب مصرفی به مصرف علف‌های هرز رسیده و کارایی مصرف آب در این تیمار کاهش یافته است.

درصد اسانس در آبیاری بارانی به‌طور معنی‌داری بیشتر از آبیاری غرقابی بود (جدول ۹). به نظر می‌رسد کاهش اثرات منفی بوته‌میری در آبیاری بارانی یکی از عوامل بهبود درصد اسانس بوده باشد. برخی محققین معتقدند به‌طورکلی افزایش اسانس با افزایش عوامل نامساعد محیطی مانند تنش‌های خشکی و شوری همراه است (Figueiredo *et al.*, 2008)، با این‌حال این مسئله به شدت تحت تأثیر نوع گیاه دارویی مورد مطالعه و سطح تنش اعمال‌شده می‌باشد (Peymaei *et al.*, 2024). البته در مطالعه‌ای که توسط علینیان و رزمجو (Alinian & Razmjoo, 2014) انجام شده است بیان شد که مصرف آب کمتر تا یک حد مشخصی می‌تواند سبب بهبود درصد اسانس گیاه زیره سبز شود، با این‌حال ایشان بیان داشتند کاهش مصرف آب در حد تنش خشکی، درصد اسانس را کاهش می‌دهد. بنابراین، از آن‌جایی‌که در این آزمایش در آبیاری بارانی، آب کمتری نسبت به آبیاری غرقابی مصرف شده است ممکن است در بهبود درصد اسانس نقش مثبت داشته باشد.

در آبیاری غرقابی، درصد اسانس تحت تأثیر روش‌های کنترل علف هرز قرار نگرفت، این مسئله در مورد آبیاری بارانی تنها با یک استثنا روبه‌رو شد، به‌گونه‌ای که تنها عدم کنترل علف هرز، درصد اسانس را کاهش داد (جدول ۹). در مطالعه‌ای که توسط بهرامی و همکاران (Bahrami *et al.*, 2023) بر تأثیر زمان قطع آبیاری در شرایط تداخل علف هرز بر درصد اسانس زیره سبز انجام گرفت، گزارش شد که تداخل زمان قطع آبیاری بر درصد اسانس اثر گذاشت، اما تداخل علف هرز تأثیری بر درصد اسانس زیره سبز نداشت.

عملکرد اسانس نیز مانند عملکرد دانه در آبیاری بارانی بیشتر از آبیاری غرقابی گزارش شد (جدول ۹، شکل ۴). عملکرد اسانس از عملکرد دانه تأثیر می‌پذیرد به‌گونه‌ای که عوامل مؤثر بر عملکرد دانه، عملکرد اسانس را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد (Nayyer poor *et al.*, 2021). در هر دو روش آبیاری، بیشترین عملکرد اسانس مربوط به کنترل دستی علف‌های هرز و کاشت بعد از ۲۱ روز بود که این مسئله نیز با عملکرد دانه همسو گزارش شد.

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی، عملکرد دانه بیشتر به همراه کارآیی مصرف آب بالاتر در آبیاری بارانی نسبت به آبیاری غرقابی مشاهده شد. کاربرد تریفلورالین تأثیر بیشتری بر علف‌های هرز در شرایط کشت سه روز پس از کاربرد نسبت به دیگر زمان‌های کاشت پس از مصرف این علف‌کش نشان داد. با این وجود، به دلیل تعداد بوته سبزشده بیشتر، عملکرد بیولوژیک، دانه و اسانس در تیمار کشت ۲۱ روز پس از کاربرد تریفلورالین بیشتر از ۳ روز بود. به‌طورکلی، کاشت زیره سبز پس از ۲۱ روز مصرف تریفلورالین و استفاده از آبیاری بارانی تا حد قابل‌قبولی توانست تراکم و بیومس علف‌های هرز در زیره سبز را کاهش دهد و از طرفی عملکرد مناسبی تولید نمود که قابل‌توصیه می‌باشد.

سپاسگزاری

این تحقیق توسط معاونت پژوهشی و فناوری دانشگاه شهید باهنر کرمان حمایت مالی شده است که بدین‌وسیله تشکر می‌گردد.

References

1. Abd El-Wahed, M. H., Medici, M., & Lorenzini, G. (2016). Sprinkler irrigation uniformity: Impact on the crop yield and water use efficiency. *Journal of Engineering Thermophysics*, *25*, 117-125. https://doi.org/10.1134/S1810232816010112
2. Abouziena, H. F., El-Saeid, H. M., & Amin, A. A. E. (2014). Water loss by weeds: A review. *International Journal of ChemTech Research*, *7*(01), 323-336.

3. Alinian, S., & Razmjoo, J. (2014). Phenological, yield, essential oil yield and oil content of cumin accessions as affected by irrigation regimes. *Industrial Crops and Products*, *54*, 167-174. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2014.01.028
4. Ávalos-Sánchez, E., López-Martínez, A., Molina-Aiz, F. D., Reca, J., Marín-Membrive, P., & Valera-Martínez, D. L. (2022). Effect of different substrates, and irrigation with water with different saline concentrations, on the development of tomato fungal diseases in an Almería-Type greenhouse. *Agronomy*, *12*(5), 1050. https://doi.org/10.3390/agronomy12051050
5. Bahrami, H., Armin, M., Jamimoeini, M., & Abhari, A. (2023). The effect of different irrigation cut-off times on yield and yield components of cumin in weed interference conditions. *Crop Science Research in Arid Regions*, *4*(2), 291-304. https://doi.org/10.22034/CSRAR.2022.291654.1098
6. Chamani Asghari, T., Mahmoodi, S., & Zamani, Gh. R. (2010). Primary growth of root and shoot of wild oat (*Avena fatua* L.) and wheat (*Triticum aestivum* L.) in competition for nitrogen. *Weed Research Journal*, *2*, 53-68.
7. Chowdhury, J. A., Karim, M. A., Khaliq, Q. A., Ahmed, A. U., & Mondol, A. M. (2017). Effect of drought stress on water relation traits of four soybean genotypes. *SAARC Journal of Agriculture*, *15*(2), 163-175. https://doi.org/10.3329/sja.v15i2.35146
8. Clevenger, J. H. (1928). Apparatus for the determination of volatile oil. *Journal of the American Pharmaceutical Association*, *17*, 346.
9. Dastorani, M., Gholamalalipour Alamdari, E., Biabani, A., Avarseji, Z., & Habibi, M. (2018). Study the several herbicides effect on weeds control and yield of cumin (*Cuminum cyminum* L.). *Iranian Journal of Weed Science*, *14*(1), 83-95. https://doi.org/10.22092/ijws.2018.1401.08
10. De Freitas Souza, M., Lins, H. A., de Mesquita, H. C., da Silva Teófilo, T. M., Reginaldo, L. T. R. T., Pereira, R. K. V., & Silva, D. V. (2021). Can irrigation systems alter the critical period for weed control in onion cropping? *Crop Protection*, *147*, 105457. https://doi.org/10.1016/j.cropro.2020.105457
11. FAO. (2024). https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL. Visited at 22/04/2024
12. Fazli, M., Zare, A., Siahpoosha, A., & Elahifard, E. (2022). Evaluation the effect of different irrigation systems and weed control treatments on quantitative and qualitative yield of sugarcane (*Saccharum officinarum*) and weeds biomass. *Journal of Water Research in Agriculture*, *36*(2), 165-179. https://doi.org/10.22092/jwra.2022.357653.913
13. Figueiredo, A. C., Barroso, J. G., Pedro, L. G., & Scheffer, J. J. (2008). Factors affecting secondary metabolite production in plants: volatile components and essential oils. *Flavour and Fragrance Journal*, *23*(4), 213-226. https://doi.org/10.1002/ffj.1875
14. Gheysari, M., Sadeghi, S. H., Loescher, H. W., Amiri, S., Zareian, M. J., Majidi, M. M., ... & Payero, J. O. (2017). Comparison of deficit irrigation management strategies on root, plant growth and biomass productivity of silage maize. *Agricultural Water Management*, *182*, 126-138.
15. Guenther, E. (1961). The Essential Oils. D. Van Nostrand Company Press, New York.
16. Haji Rezaei, T., Eslami, S., Mahmoodi, S., & Minbash Moeini, M. (2021). Feasibility of chemical control of weeds in cumin (*Cuminum cyminum* L.). *Journal of Iranian Plant Protection Research*, *34*(4), 457-472. https://doi.org/10.22067/jpp.v34i4.86545
17. Hosseini, A., Koocheki, A., & Nasiri mahalati, M. (2006). Critical period of weed control In cumin (*Cuminum cyminum*). *Iranian Journal of Field Crops Research*, *4*(1), 23-34. https://doi.org/10.22067/gsc.v4i1.1316
18. Khaffagy, A. E., Mazrou, Y. S., Morsy, A. R., El-Mansoury, M. A., El-Tokhy, A. I., Hafez, Y., ... & Khedr, R. A. (2022). Impact of irrigation levels and weed control treatments on annual weeds, physiological traits and productivity of soybean under clay soil conditions. *Agronomy*, *12*(5), 1037. https://doi.org/10.3390/agronomy12051037
19. Kresović, B., Tapanarova, A., Tomić, Z., Životić, L., Vujović, D., Sredojević, Z., & Gajić, B. (2016). Grain yield and water use efficiency of maize as influenced by different irrigation regimes through sprinkler irrigation under temperate climate. *Agricultural Water Management*, *169*, 34-43. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2016.01.023
20. Lowry, C. J., & Smith, R. G. (2018). *Weed control through crop plant manipulations*. In Non-chemical weed control (pp. 73-96). Academic Press. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809881-3.00005-X
21. Kafi, M. (Ed.). (2006). *Cumin (Cuminum cyminum): Production and Processing* (1st ed.). CRC Press. https://doi.org/10.1201/9781482280531
22. Mastalizadeh, B., Khajoei-Nejad, G., & Moradi, R. (2020). Effect of various irrigation methods on tuber yield and water productivity of potato varieties. *Plant Productions*, *43*(3), 431-442. https://doi.org/10.22055/ppd.2019.28244.1706
23. Mathur, B. L., & Prasad, N. (1964). Studies on wilt disease of cumin caused by *Fusarium oxysporum* f. cumini. *Indian Journal of Agriculture Science*, *34*, 131-137.
24. Mehdizadeh, M., Izadi-Darbandi, E., Naseri-Pour Yazdi, M. T., Rastgoo, M., Malaekeh-Nikouei, B., & Nasirli, H. (2015). Evaluation of metribuzin degradation and its half life in soil affected by different organic fertilizers under field conditions. *Applied Field Crops Research*, *28*(3), 120-126. https://doi.org/10.22092/AJ.2016.106731

25. Moradi, R., Rezvani Moghaddam, P., Nassiri Mahallati, M., & Lakzian, A. (2009). The effect of application of organic and biological fertilizers on yield, yield components and essential oil of *Foeniculum vulgare* (Fennel). *Iranian Journal of Field Crops Research*, *7*(2), 625-635.
26. Nakhrizi Moghaddam, A. (2009). Effect of plant density and stages of water stress on yield, yield component of cumin (*Cuminum cyminum*). *Iranian Journal of Crop Sciences*, *40*(3), 63-69. (in Persian with English abstract)
27. Nassabadi, H., Armin, M., & Marvi, H. (2019). The effect of weed interference duration on yield and yield components of cumin (*Cuminum cyminum* L.) in irrigated and rainfed condition. *Journal of Crop Production*, *12*(2), 157-170. https://doi.org/10.22069/EJCP.2019.16221.2208
28. Nayyer poor Dizaj, A., Alizadeh Salteh, S., & Zaare Nahandi, F. (2021). The effect of magnetic water on some morphological characteristics, yield and essential oil composition of savory (*Satureja hortensis* L.). *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, *31*(1), 163-176. https://doi.org/10.22034/ SAPS.2021.12800
29. North Mofrad, N., Farrokhinejad, R., & Alizadeh, A. (2005). Genetic diversity in populations of *Fusarium oxysporum* f. sp. cumini, the causal agent of cumin wilt in Khorasan using vegetative compatibility groups. *Plant Diseases*, *41*, 437-453.
30. Oliveira, M. C., Osipitan, O. A., Begcy, K., & Werle, R. (2020). Cover crops, hormones and herbicides: Priming an integrated weed management strategy. *Plant Science, 301*, 110550. https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2020.110550
31. Omidbeygi, R., Sadeghi, B., & Ramezanim, A. (2001). Effects of cultivation site on quality of saffron (*Crocus sativus* L.). *Iranian Journal of Horticulture, Science and Technology*, *1*(3), 167-178.
32. Parween, T., Jan, S., Mahmooduzzafar, S., Fatma, T., & Siddiqui, Z. H. (2016). Selective effect of pesticides on plant—A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 56*(1), 160-179. https://doi.org/10.1080/10408398.2013.787969
33. Peymaei, M., Sarabi, V., & Hashempour, H. (2024). Improvement of the yield and essential oil of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) using external proline, uniconazole and methyl jasmonate under drought stress conditions. *Scientia Horticulturae*, *323*, 112488. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2023.112488
34. Radosevich, S. R., Holt, J. S., & Ghersa, C. (1997). *Weed ecology: implications for management*. John Wiley & Sons.
35. Rashed mohassel, M. H., Serajchi, M., & Mijani, S. (2022). *Principale of Weed Science*. Ferdowsi university publisher.
36. Rezvani Moghaddam, P., Moradi, R., & Mansoori, H. (2014). Influence of planting date, intercropping and plant growth promoting rhizobacteria on cumin (*Cuminum cyminum* L.) with particular respect to disease infestation in Iran. *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants, 1*(4), 134-143.
37. Senseman, S. A. (2007). *Herbicide handbook*, 9 ed. Lawrence: Weed Science Society of America.
38. Sezen, S. M., Yazar, A., Kapur, B., & Tekin, S. (2011). Comparison of drip and sprinkler irrigation strategies on sunflower seed and oil yield and quality under Mediterranean climatic conditions. *Agricultural Water Management*, *98*(7), 1153-1161. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2011.02.005
39. Singh, M., Kukal, M. S., Irmak, S., & Jhala, A. J. (2022). Water use characteristics of weeds: A global review, best practices, and future directions. *Frontiers in Plant Science, 12*, 794090. https://doi.org/10.3389/fpls.2021.794090
40. Wang, X., Huang, G., Yang, J., Huang, Q., Liu, H., & Yu, L. (2015). An assessment of irrigation practices: Sprinkler irrigation of winter wheat in the North China Plain. *Agricultural Water Management, 159*, 197-208. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2015.06.011
41. Yava, R. S., & Dahama, A. K. (2003). Effect of planting date, irrigation and weed-control on yield and water use efficiency of cumin (*Cuminum cyminum* L.). *Indian Journal of Agriculture Science*, *73*, 494-496.
42. Zimdahl, Robert L. (2004). *Weed-Crop Competition: A Review*. 198 pp. Wiley-Blackwell; 2nd edition (March 29, 2004).